

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-069594

(43)Date of publication of application : 03.03.2000

(51)Int.Cl.

H04R 17/10  
G10K 9/122  
H03H 3/08  
H03H 9/17  
H03H 9/25

(21)Application number : 11-154956

(71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO &lt;HP&gt;

(22)Date of filing : 02.06.1999

(72)Inventor : RUBY RICHARD C  
DESAI YOGESH  
BRADBURY DONALD R

(30)Priority

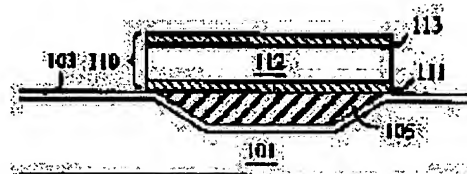
Priority number : 98 88964 Priority date : 02.06.1998 Priority country : US

(54) ACOUSTIC RESONATOR AND MANUFACTURE OF THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To unnecessitate any excessively long etching time for preparing a void under a device by preparing a void in a substrate, accumulating various layers constituting the device, and then packing sacrificial materials which can be removed from the void in a short time.

SOLUTION: A dent is etched on a substrate 101 which is a silicon wafer. A thin layer as an electric insulating layer 103, i.e., a thermal oxide is made to grow on the surface of the substrate 101. Sacrificial materials 105 made of phosphoric silica glass(PSG) are accumulated on the substrate 101, and the surface is polished and flattened, and the part outside the dent is removed. An electrode 111 is accumulated by Mo sputtering, and this electrode 111 is provided with a conductive sheet in which the means square root of height fluctuation is less than 2  $\mu\text{m}$ . Then, a piezoelectric material layer 112 is accumulated by AlN sputtering. Finally, an electrode 113 is accumulated by Mo sputtering. A via is opened in the sacrificial materials 105, and the phosphoric silica glass is removed by etching. Thus, an acoustic resonator 110 bridging over the dent 102 can be formed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-69594

(P 2000-69594A)

(43) 公開日 平成12年3月3日 (2000. 3. 3)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 4 R	17/10	H 0 4 R	17/10
G 1 0 K	9/122	H 0 3 H	3/08
H 0 3 H	3/08		9/17 F
	9/17		9/25 Z
	9/25	G 1 0 K	9/12 1 0 1 C
審査請求	未請求	請求項の数 1	OL (全6頁)

(21) 出願番号 特願平11-154956

(22) 出願日 平成11年6月2日 (1999. 6. 2)

(31) 優先権主張番号 088, 964

(32) 優先日 平成10年6月2日 (1998. 6. 2)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 398038580

ヒューレット・パカード・カンパニー

HEWLETT-PACKARD COMPANY

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト  
ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 リチャード・シー・ルービー

アメリカ合衆国カリフォルニア州メンロ・パーク  
ナインス・アベニュー 567

(74) 代理人 100078053

弁理士 上野 英夫

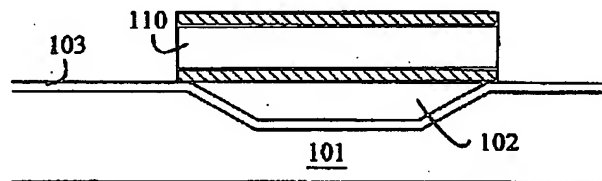
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 音響共振器とその製作方法

(57) 【要約】

【課題】 圧電素子材料の層が二つの金属電極の間に挟み込まれ、圧電素子材料の周囲を支持することにより中心部が空中に吊されている構造を有する電子回路用フィルタ用の共振器の製造において、従来方法では、歩留まりが悪いあるいはエッチング時間が長い等の問題がある。本願発明では改良された製造方法を開示する。

【解決手段】 窪みを有する基板上にエッチングし易い犠牲層を堆積する。その表面を研磨し、その上に一方の電極、圧電素子および他の電極を順に堆積する。次に犠牲層に穴を開けて犠牲層を除去する。これにより、従来の問題を解決する製造方法を実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 (a) 高さの RMS 変動が  $2\mu\text{m}$  未満である導電シートを備えた第 1 の電極と、 (b) 導電シートを備えた第 2 の電極と、 (c) 前記第 1 および第 2 の電極の間に挟み込まれた圧電材料の層とを、有することを特徴とする音響共振器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、音響共振器に関し、更に詳細に記せば、電子回路用フィルタとして使用  
10 できる共振器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 電子機器のコストおよび大きさを減らす必要性からフィルタ要素を小さくする必要性が絶えず続いてきている。セル式電話およびミニチュア・ラジオのような民生用電子装置は、それに入っている構成要素の大きさおよびコストの双方に厳しい制限を加えている。このような多数の装置は、精密な周波数に同調させなければならないフィルタを利用している。したがって、廉価でコンパクトなフィルタ装置を提供する努力が続いて  
20 いる。

【0003】 これらの必要性を満たす可能性のある一つのフィルタ要素は、音響共振器から構成されている。これらの装置は、薄膜圧電 (PZ) 材料内のバルク弾性音響波を利用している。一つの簡単な構成では、PZ 材料の層が二つの金属電極の間に挟み込まれている。挟み込み構造は、周囲を支持することにより空中に吊されている。二つの電極の間に印加電圧により電界が発生すると、PZ 材料は、電気エネルギーの幾らかを音波の形の機械エネルギーに変換する。音波は、電界と同じ方向に伝播  
30 し、電極/空気境界面で反射する。

【0004】 機械的に共振している時、装置は電気共振器のように見え、したがって、装置はフィルタとして働くことができる。装置の機械的共振は、音波が伝播する材料の厚さが、伝播する音波の半波長と等しくなる周波数で発生する。本願発明では音波の周波数は、電極に印可される電気信号の周波数である。音の速度は、光の速度より多数桁小さいから、得られる共振器を極めてコンパクトにすることができる。GHz 範囲の用途のための共振器を、直径 100 ミクロン未満、厚さ数ミクロン未満  
40 の構造寸法で構成することができる。

【0005】 薄膜バルク音響共振器 (Thin Film Bulk Acoustic Resonators、以下 FBAR) およびフィルタ付き積み重ね薄膜バルク音響共振器 (Stacked Thin Film Bulk Wave Acoustic Resonators and Filters、以下 SBAR) の中心部は、厚さ約 1 から 2 ミクロンのスパッタ圧電薄膜である。上方および下方電極は、電気リードとして働き圧電体を挟み込んで圧電体を貫く電界を与える。圧電体は、次に電界エネルギーの一部を力学エネルギーに変換する。時間変化する「応力/  
50

歪み」エネルギーが、時間変化する印加電界エネルギーに応答して形成される。

【0006】 共振器として動作させるには、挟み込み圧電膜を空中に吊して音波を膜内に捕らえる空気/結晶境界面を設けなければならない。装置は通常、下方電極、PZ 層、および次に上方電極を堆積させることにより基板表面上に作られる。したがって、空気/結晶境界面は装置の上側に既に存在している。第 2 の空気/結晶境界面を装置の下側に設けなければならない。この第 2 の空気/結晶境界面を得るのに 従来技術の方法が幾つか存在する。

【0007】 第 1 の方法は、基板を形成しているウェーハをエッチングして除去することに関係している。基板がシリコンであれば、シリコンを加熱 KOH を使用して裏側からエッチングし去る。これにより、その縁で支持されたウェーハの前側に構成された共振器が残る。このようなウェーハを貫いて開けられた孔は、ウェーハを非常に繊細にし且つ、非常に破壊しやすくする。更に、それらの 54.7 度のエッチング傾斜で KOH のような湿式エッチングを行なうと、最終製品の密度、したがってウェーハ上の FBAR/SBAR の歩留まりが制限される。たとえば、標準の  $530\mu\text{m}$  厚さのシリコンウェーハの上に構成された約  $150\mu\text{m} \times 150\mu\text{m}$  の横寸法を有する装置は、約  $450\mu\text{m} \times 450\mu\text{m}$  の裏側エッチング孔を必要とする。したがって、ウェーハの約 1/9 を生産に利用できるだけである。

【0008】 装置の下に空気/結晶境界面を設ける従来技術の第 2 の方法は、空気ブリッジ式 FBAR/SBAR 装置を作ることである。通常、最初に犠牲層 (Sacrificial layer) を設置し、次に装置をこの犠牲層の上に製作する。プロセスの終わりまたは終わり近くに、犠牲層を除去する。処理はすべて前側で行なわれるから、この方法は、両側の整列および大きい面積の裏側孔を必要としない。しかし、この方法には固有の困難が無いわけではない。第 1 に、この方法は大型装置に実施するのは困難である。通常、犠牲層は熱的に成長させた  $\text{SiO}_2$  であり、これは HF を使用して除去される。エッチング割合は、約 1000 から 3000 Å / 分である。約  $150\mu\text{m} \times 150\mu\text{m}$  またはそれより大きい装置の下方区域をエッチングするには、500 分を超えるエッチング時間が必要である。過度に長いことに加えて、金属電極を 30 分を超える期間腐食液に浸すと金属電極が圧電層から剥離するに至る。

【0009】 従来技術の第 3 の方法は、装置の下に空隙が存在しないので、固体取付け共振器 (SMR) といわれる。装置の下に大きい音響インピーダンスが音響的ブラッグ反射鏡を使用して作り出される。ブラッグ反射鏡は、交互に高低の音響インピーダンス材料の層から作られる。各層の厚さは共振周波数の 1/4 波長に固定される。十分な層により、圧電体/電極境界面における有効インピーダンスは、装置の音響インピーダンスよりはる  
50

かに高く、したがって、圧電体内の音波を有効に捕らえる。

【0010】この方法は、周辺部が固定され中心部が自由に振動できる膜を作るという前述の問題を回避しているが、この方法には多数の問題点がある。ブラッグ反射鏡に使用する材料の選択は、金属層はフィルタの電気性能を劣化させる寄生コンデンサを形成するのでこれらの層に使用できないから、制限される。利用可能な電極材料から作られる層の音響インピーダンスの差の程度は大きくない。したがって、更に多数の層が必要である。これは、各層にかかる応力を良く制御しなければならないので製作プロセスを複雑にする。多数層の後では、装置は、他の能動要素を組込むのに導電的でなくなる。10ないし14の層を貫くバイアを作るのは困難だからである。更に、これまでに報告された装置は、空気ブリッジを有する装置より有効結合係数がかなり低い。その結果、SMRに基づくフィルタは、空気ブリッジに比較して少ない有効帯域幅を示す。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】広くいえば、本発明の20  
目的は、改良されたFBAR/SBAR装置を提供することである。

【0012】本発明の他の目的は、基板の裏エッチングを必要としないFBAR/SBAR装置を提供することである。

【0013】本発明の更に他の目的は、装置の下に空隙を作るのに過度に長いエッチング時間を必要としないFBAR/SBAR装置を提供することである。

【0014】本発明のこれらのおよび他の目的は、当業者には、本発明の下記詳細説明および付図から明らかに20  
なるであろう。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、音響共振器およびこれを作る方法である。本発明による共振器は、第1の電極と第2の電極との間に挟み込まれた圧電材料の層を備えている。第1の電極は、高さ変動のRMS（2乗平均平方根）が2μm未満の導電シートを備えている。共振器は、その上に共振器が構成されている基板の中の空洞を橋渡ししている。共振器は、基板内に空洞を作り、これに共振器を構成する色々な層を堆積した後短時間で空洞から除去し得る犠牲材料を詰めることにより構成される。詰まった空洞の表面を磨いて高さのRMS変動を0.5μm未満とする。磨いた表面に第1の電極を、金属層の高さのRMS変動を2μm未満に確保した厚さに堆積させる。圧電層を第1の電極上に堆積させ、次に第2の電極を圧電層上に堆積させる。次に空洞にバイア（穴）を開け、バイアを通して材料を除去し、犠牲材料を空洞から除去する。好適な犠牲材料は、燐石英ガラスである。

【0016】

【発明の実施の形態】それぞれ、FBARおよびSBARの断面図である図1および図2を参照して本発明を一層容易に理解できる。図1で、FBAR20は、上方電極21および下方電極23を備え、これらは圧電（PZ）材料22のシートの一部を挟み込んでいる。好適なPZ材料は窒化アルミニウム（AlN）である。共振器20に使用される電極は、好適にはモリブデンから作られるが、他の材料を使用する実施形態も構成可能である。

【0017】これらの装置は、薄膜PZ材料内のバルク弾性音響波を使用している。印加電圧により二つの電極の間に電界が生ずると、PZ材料は電気エネルギーの一部を音波の形の機械的エネルギーに変換する。音波は電界と同じ方向に伝播し、電極/空気境界面で反射する。

【0018】機械的に共振している時、装置は、電気共振器のように見え、したがって、装置は、ノッチフィルタとして動作することができる。装置の機械的共振は、音波が伝播する材料の厚さが、伝播する音波の半波長と等しくなる周波数で発生する。本願発明では音波の周波数は、電極に印可される電気信号の周波数である。音の速度は光の速度より多数桁小さいから、得られる共振器を極めてコンパクトにすることができる。GHz範囲の用途に対する共振器を直径が約100μmおよび厚さが数μmオーダーの物理的寸法で構成することができる。

【0019】次にSBAR40の断面図である図2を参照する。SBARは、帯域フィルタと類似の電気的機能を与える。SBAR40は基本的には機械的に結合されている二つのFBARフィルタである。PZ層41の共振周波数で電極43および44を横断する信号は、音響エネルギーをPZ層42に伝える。PZ層42内の機械的振動は、PZ材料により電極44および45を横断する電気信号に変換される。30

【0020】FBARおよびSBARが本発明に従って構成される方法は、その上にFBAR110を本発明の方法により構成するウェーハ101の一部の断面図である図3-図7を参照して更に容易に理解できる。本発明は、犠牲層に基づく従来技術の方法で利用されている熱酸化物よりはるかに容易にエッチングされる材料から構成される犠牲層を利用している。本発明の好適実施形態では、犠牲層は、燐石英ガラス（PSG）から構成されている。40

【0021】図3において、窪み102が、好適には集積回路製作に利用されているタイプの通常のシリコンウェーハである基板101にエッチングされている。窪みの深さは好適には30μm未満である。FBARの下の方の空洞の深さは圧電層により生ずる変位に適応するのに十分なだけにする必要があることに注目すべきである。したがって、数μmの深さの窪みで十分である。

【0022】熱酸化物103の薄層をウェーハの表面に成長させてPSGから燐が層内に拡散しないようにする。50  
このような拡散は、シリコンを導体に変換し、これが最

終装置の電氣的動作を妨害することになる。

【0023】図4で、PSG層がウェーハ上に堆積されている。PSGは、シランおよび $P_2O_5$ を使用して約450℃までの温度で堆積され、約8%燐である軟ガラス様物質を形成する。この低温プロセスは、当業者に周知であり、したがってここでは詳細に説明しない。PSGは、比較的低温で堆積させることができ且つ、希釈 $H_2O$  :  $HF$ 溶液で、非常に高いエッチング割合でエッチングされる非常にクリーンな不活性材料であるから、犠牲層に対して好適な選択である。10:1の希釈割合で毎分約3 $\mu m$ のエッチング割合が得られる。

【0024】残念なことに、本来のPSG犠牲層は、音響共振器の構成にとって不十分な基台である。原子レベルでこのような堆積膜の表面は、原子的にみると非常に粗い。FBAR/SBAR形式の音響共振器は、結晶が電極の平面に垂直な円柱を成して成長する圧電材料を必要とする。PSG層の表面に十分に平行な圧電膜を成長させる試みが行なわれたが、最良でも、粗面上の多数の小面が多様な方向に結晶成長を始めるので圧電効果を殆どまたは全く示さない不十分な多結晶材料しか生じなかった。

【0025】本発明は、PSGの表面を磨いて自動的に滑らかな表面を与えることによりこの困難を克服している。図5を参照すると、PSG層105の表面を最初スラリで磨くことにより平面化して窪み102の外側のPSG層の部分除去する。次に残っているPSGを更に精製されたスラリを使用して磨くことができる。代替方法として、磨き時間を追加するのが好ましくなければ一つの更に精製したスラリを二つの磨きステップに使用することができる。目標は、「ミラー」状仕上げを生ずることである。

【0026】これらウェーハのクリーニングも重要である。スラリはウェーハ上に少量のシリカ粗粉を残す。この粗粉を除去せねばならない。本発明の好適実施形態では、これをポリテックス (Polytex™) (コネチカット州、Rodel社) のような堅く硬いパッドの付いた第2の研磨輪を使用して行なっている。潤滑剤として脱イオン水を使用している。磨いてから、最終クリーニングステップの準備が完了するまでウェーハを脱イオン水中に入れておく。ウェーハを、最後の磨きステップと最後のクリーニングステップとの間で乾燥させるべきではない。最後のクリーニングステップは、ウェーハを色々な化学薬品の入っている一連のタンクに漬けることから成る。各タンクに超音波攪拌を加える。このようなクリーニング台は当業者に周知であり、したがって、ここでは詳細に説明しない。アメリカ合衆国カリフォルニア州にあるAmeramadeから入手できるメガソニック (Megasonics™) 形式のクリーニング機が適当であることがわかっている。

【0027】本発明は、このような滑らかな表面が、圧

電層の「種」となる結晶構造を備えていないという事実にかかわらず優れた圧電特性を実証する非常に規則正しい構造のc軸圧電材料の堆積に対する基板を与えるという驚異的発見に基づいている。

【0028】粗粉は、シリカ微粒子から構成されている。本発明の好適実施形態では、シリカ微粒子のアンモニア主体スラリであるローデル、#1508 (Rodel、#1508) 製のスラリを利用している。

【0029】上の説明は特定の研磨およびクリーニングの様式を示してきたが、必要な滑らかな表面を与えるどんな研磨およびクリーニングの様式をも利用することができる。本発明の好適実施形態では、最終表面は、原子力顕微鏡プローブで測って0.5 $\mu m$ 未満の高さのRMS変動を有する。

【0030】表面をきれいにしてから、FBAR110の下方電極111を図6に示すように堆積する。好適な電極材料は、モリブデンである。しかし、他の材料が当業者には明らかであろう。たとえば、電極をAl、W、Au、Pt、またはTiから構成できる。その低い熱弾性損失のためモリブデンが好適である。たとえば、Moの熱弾性損失は、Alより約56倍少ない。

【0031】下方電極の厚さも重要である。厚い層は、薄い層より粗い。上に記したように、圧電層の堆積のための滑らかな表面を維持することは、最終共振器の性能にとって非常に重要である。したがって、下方電極の厚さは、好適には1000Å未満である。Moは好適にはスパッタリングにより堆積される。これは、2 $\mu m$ 未満の高さのRMS変動を有するMo層を与える。

【0032】下方電極を堆積し終わってから、電極層112を堆積する。圧電層用好適材料は、AlNであり、これもスパッタリングにより堆積される。圧電層を形成するのにAlNを堆積することは当業者には周知であるから、この堆積プロセスをここでは詳細に説明しないことにする。本発明の好適実施形態では、圧電層の厚さは、0.1から10 $\mu m$ の間にある。

【0033】最後に、上方電極113を堆積させる。上方電極も好適にはMoから構成される。しかし、この電極の厚さは、圧電層の堆積に影響しないので、あまり重大ではない。

【0034】FBAR構造を堆積してから、バイアを下側の犠牲層105にかけ、図7に示すように、希釈 $H_2O$  :  $HF$ 溶液でエッチングすることによりPSGを除去する。これにより元の窪み102の上に橋架けされたFBAR110が残る。

【0035】上の例はFBARの構成を利用してきた。しかし、当業者には上の説明から、SBARを同じプロセスを使用して構成できることが明らかであろう。SBARの場合には、別の圧電層および電極を堆積しなければならない。第2の圧電層は「FBAR」の上方電極の上に構成されているから、上方電極の厚さも1000Åに維

持して第2の圧電層を堆積するための適切な表面を与えなければならない。

【0036】本発明の上述の実施形態は、PSGから構成された犠牲層を利用しているが、他の材料をも使用することができる。たとえば、BPSG (Boron-Phosphor-Silicate-Glass: ボロン、リン、シリコン、ガラス) またはスピン・ガラスのような他の形態のガラスを利用できる。他に、スピニングにより材料上に、または特殊チャンパー内に置かれた基板上に、堆積できるポリビニール、ポリプロピレン、およびポリスチレンのような、プラスチックがある。これらの犠牲層は、有機除去材あるいは $O_2$ プラズマエッチングによって除去することができる。PSG犠牲層の場合のように、堆積したこれらの材料の表面は原子的には滑らかでないで、これらの材料での研磨も非常に重要である。

【0037】以上、本発明の実施例について詳述したが、以下、本発明の各実施態様の例を示す。

【0038】(実施態様1)

(a) 高さのRMS変動が $2\mu m$ 未満である導電シートを備えた第1の電極(23、45、111)と、(b) 導電シートを備えた第2の電極(21、44、113)と、(c) 前記第1および第2の電極の間に挟み込まれた圧電材料の層(22、42、112)とを、有することを特徴とする音響共振器(20、40、110)。

【0039】(実施態様2) 前記第1の電極(23、45、111)はモリブデンを含むことを特徴とする実施態様1に記載の音響共振器(20、40、110)。

【0040】(実施態様3) 前記圧電材料の層(22、42、112)はAlNを含むことを特徴とする実施態様1に記載の音響共振器(20、40、110)。

【0041】(実施態様4) 更に、表面に空洞(102)を有する基板(101)を備え、前記第1の電極(23、45、111)が前記空洞(102)に橋を架けていることを特徴とする実施態様1に記載の音響共振器(20、40、110)。

【0042】(実施態様5) 前記空洞(102)の深さは $30\mu m$ 未満であることを特徴とする実施態様4に記載の音響共振器(20、40、110)。

【0043】(実施態様6) 前記基板(101)の前記表面は、電気絶縁層(103)を備えていることを特徴とする実施態様4に記載の音響共振器(20、40、110)。

【0044】(実施態様7) 上面を有する基板(101)上に音響共振器(20、40、110)を製作する方法であって、(a) 前記上面に窪み(102)を作るステップ、(b) 前記窪み(102)に犠牲材料(105)を詰めるステップであって、前記詰めた窪み(102)の上面は、前記基板(101)の前記上面と同レベルになり、前記上面は $0.5\mu m$ 未満の高さのRMS変動を有するようにするステップ、(c) 第1の電極(23、45、111)を前記上面に堆積させるステップ、(d) 圧電材料の層(22、42、

112)を前記第1の電極(23、45、111)の上に堆積させるステップ、(e) 第2の電極(21、44、113)を前記圧電材料の層(22、42、112)の上に堆積させるステップ、および(f) 前記犠牲材料(105)を前記窪み(102)から除去するステップ、を備えていることを特徴とする方法。

【0045】(実施態様8) 前記犠牲材料(105)は、PSG、BPSG、スピン・ガラス、ポリビニール、ポリプロピレン、およびポリスチレンを含む群から選択された材料を含むことを特徴とする実施態様7に記載の方法。

【0046】(実施態様9) 前記窪み(102)に詰める前記ステップは、(a) 前記犠牲材料(105)の層を前記窪み(102)の上に堆積させるステップ、(b) 前記堆積した層を平面にするステップ、および(c) 前記平面化した層を磨くステップ、を含むことを特徴とする実施態様7に記載の方法。

【0047】(実施態様10) 前記犠牲材料(105)の層を堆積する前に、電気絶縁材料(103)の層を前記基板(101)の表面および窪み(102)に設けるステップであって、前記電気絶縁材料が、前記犠牲材料(105)中の要素が前記基板(101)の中に拡散しないようにするステップを含むことを特徴とする実施態様9に記載の方法。

【0048】(実施態様11) 前記第1の電極(23、45、111)はモリブデンを含むことを特徴とする実施態様7に記載の方法。

【0049】(実施態様12) 前記圧電材料の層(22、42、112)はAlNを含むことを特徴とする実施態様7に記載の方法。

【0050】(実施態様13) 前記窪み(102)の深さは $30\mu m$ 未満であることを特徴とする実施態様7に記載の方法。

【0051】本発明に対する色々な修正案が当業者にはこれまでの説明および付図から明らかになるであろう。したがって、本発明を付記した特許請求の範囲によってのみ限定するものとする。

【図面の簡単な説明】

【図1】FBAR共振器の断面図である。

【図2】SBAR共振器の断面図である。

【図3】本願発明によりFBARが構成されるウェーハの断面図の一部である。

【図4】本願発明によりFBARが構成されるウェーハの断面図の一部である。

【図5】本願発明によりFBARが構成されるウェーハの断面図の一部である。

【図6】本願発明によりFBARが構成されるウェーハの断面図の一部である。

【図7】本願発明によりFBARが構成されるウェーハの断面図の一部である。

## 【符号の説明】

20、40、110：音響共振器

21、23、44、45、111、113：電極

22、112：圧電材料層

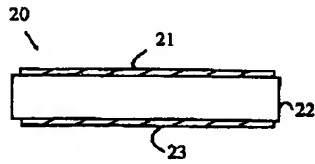
101：基板

102：空洞

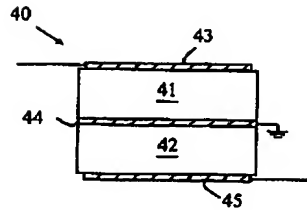
103：電気絶縁層

105：犠牲材料

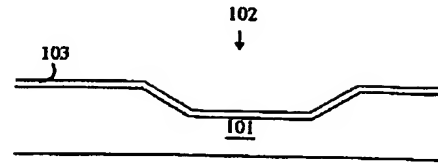
【図 1】



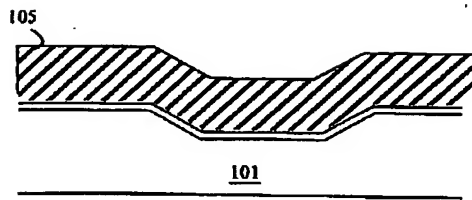
【図 2】



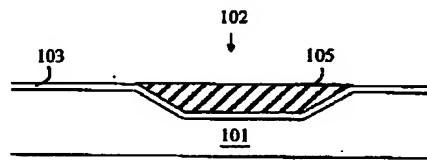
【図 3】



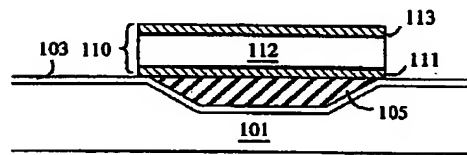
【図 4】



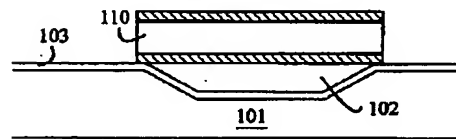
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72) 発明者 ヨゲシュ デサイ  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州サンノゼ  
 ミードゲート・ウェイ 2202

(72) 発明者 ドナルド・アール・ブラドベリー  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
 ト ルイス・ロード 2004

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] (a) the 1st electrode equipped with the electric conduction sheet whose RMS fluctuation of height is less than 2 micrometers, the 2nd electrode equipped with (b) electric conduction sheet, and (c) -- the sound resonator characterized by having the layer of the piezoelectric material put between said 1st and 2nd electrodes.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the resonator which can be used as a filter for electronic circuitries, if it describes in a detail further about a sound resonator.

[0002]

[Description of the Prior Art] The need of making a filter element small from the need of reducing the cost and magnitude of electronic equipment has been continuing continuously. A noncommercial electronic instrument like a cellular mobile telephone and miniature radio is adding the severe limit to the magnitude of the component included in it, and the both sides of cost. The filter which must be aligned with a precise frequency is used for the equipment of such a large number. Therefore, efforts to offer cheap and compact filter equipment continue.

[0003] One filter element which may fulfill such needs consists of sound resonators. These equipments use the bulk elastic acoustic wave in a thin film piezo-electricity (PZ) ingredient. With one easy configuration, the layer of PZ ingredient is put between two metal electrodes. It puts and structure is hung in the air by supporting a perimeter. If electric field occur with applied voltage between two electrodes, PZ ingredient will change some of electrical energy into the mechanical energy of the form of an acoustic wave. An acoustic wave is spread in the same direction as electric field, and is reflected in an electrode / air interface.

[0004] While resonating mechanically, equipment appears like an electrical resonator, therefore equipment can be committed as a filter. The mechanical resonance of equipment is generated on the frequency to which the thickness of the ingredient which an acoustic wave spreads becomes equal to the half-wave length of the acoustic wave to spread. In the invention in this application, the frequency of an acoustic wave is a frequency of the electrical signal by which a seal of approval is carried out to an electrode. the speed of sound -- the rate of light -- a large number -- a digit -- since it is small, the resonator obtained can be extremely used as a compact. The resonator for the application of the GHz range can consist of a diameter of less than 100 microns, and a structure dimension with a thickness of less than several microns.

[0005] The core of a thin film bulk sound resonator (Thin Film Bulk Acoustic Resonators, henceforth, FBAR) and a pile thin film bulk sound resonator with a filter (Stacked Thin Film Bulk Wave Acoustic Resonators and Filters, henceforth, SBAR) is a 2-micron spatter piezo-electricity thin film from thickness 1 [ about ]. The upper part and a lower part electrode give the electric field which work as an electric lead, put a piezo electric crystal, and pierce through a piezo electric crystal. A piezo electric crystal transforms a part of electric-field energy into dynamics energy next. The stress / "distortion" energy which carries out time amount change answer the impression electric-field energy which carries out time amount change, and is formed.

[0006] In order to make it operate as a resonator, the air / crystal interface which puts, hangs a piezoelectric film in the air, and catches an acoustic wave in the film must be prepared. Equipment is usually made on a substrate front face by making an upper part electrode deposit on a lower part electrode, PZ layer, and a degree. Therefore, air / crystal interface has already existed in the equipment bottom. The 2nd air / crystal interface must be established in the equipment bottom. This the 2nd air / crystal interface are obtained. Some approaches of the conventional technique exist.

[0007] The 1st approach is related to etching and removing the wafer which forms the substrate. If a substrate is silicon, silicon will be away etched from a background using Heating KOH. The resonator constituted by this at the before [ the wafer supported on the edge ] side remains. It makes it very easy for the hole which was able to pierce through and open such a wafer to make a wafer very delicate, and to destroy it. Furthermore, if wet etching like KOH is performed on those 54.7 etching inclinations, the consistency of a final product, therefore the yield of FBAR/SBAR on a wafer will be

restricted. For example, the equipment which has the abbreviation 150micrometerx150micrometer form width constituted on the silicon wafer of standard 530-micrometer thickness needs an abbreviation 450micrometerx450micrometer background etching pit. Therefore, the abbreviation 1/9 of a wafer can only be used for production.

[0008] The 2nd approach of the conventional technique of establishing air / crystal interface in the bottom of equipment is making air bridge type FBAR/SBAR equipment. Usually, a sacrifice layer (Sacrificiallayer) is installed first and then equipment is manufactured on this sacrifice layer. A sacrifice layer is removed near the end of a process, or the end. Since all processings are performed by the before side, this approach does not need alignment of both sides, and the background hole of a large area. However, the difficulty of a proper is not necessarily in this approach. This approach is difficult to carry out to large-sized equipment to the 1st. Usually, a sacrifice layer is SiO<sub>2</sub> grown up thermally, and this is removed using HF. 3000A of etching rates is a part for /from about 1000. In order to etch the lower part area of larger equipment than abbreviation 150micrometerx150micrometer or it, the etching time exceeding 500 minutes is required. If a metal electrode is dipped in the period etching fluid exceeding 30 minutes too much in addition to a \*\*\*\*\*, a metal electrode will come to exfoliate from a piezo-electric layer.

[0009] Since an opening does not exist under equipment, the 3rd approach of the conventional technique is called solid-state anchoring resonator (SMR). A large acoustic impedance is made under equipment using an acoustical Bragg reflection mirror. A Bragg reflection mirror is made from the layer of the acoustic-impedance ingredient of height by turns. The thickness of each class is fixed to the quarter-wave length of resonance frequency. By sufficient layer, the effective impedance in a piezo electric crystal / electrode interface is farther [ than the acoustic impedance of equipment ] high, therefore catches the acoustic wave in a piezo electric crystal effectively.

[0010] Although the above-mentioned problem that this approach makes the film with which a periphery is fixed and a core can vibrate freely is avoided, there are many troubles in this approach. Since a metal layer forms the parasitism capacitor which degrades the electric engine performance of a filter and selection of the ingredient used for a Bragg reflection mirror cannot be used for these layers, it is restricted. Extent of the difference of the acoustic impedance of the layer made from an available electrode material is not large. Therefore, many layers are still more nearly required. Since this must control the stress concerning each class well, it complicates a manufacture process. After an a large number layer, equipment becomes electric conduction-like less although other active elements are incorporated. It is because it is difficult to make Bahia which pierces through the layer of 10 thru/or 14. Furthermore, the equipment reported until now has an effective coupling coefficient quite lower than the equipment which has an air bridge. Consequently, the filter based on SMR shows little effective bandwidth as compared with an air bridge.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] If it says widely, the purpose of this invention will be offering the improved FBAR/SBAR equipment.

[0012] Other purposes of this invention are offering the FBAR/SBAR equipment which does not need flesh-side etching of a substrate.

[0013] The purpose of further others of this invention is providing making an opening under equipment with the FBAR/SBAR equipment which does not need too long etching time.

[0014] These and other purposes of this invention will become clear [ from the following detail explanation and the attached chart of this invention ] to this contractor.

[0015]

[Means for Solving the Problem] This invention is the approach of making a sound resonator and this. The resonator by this invention is equipped with the layer of the piezoelectric material put between the 1st electrode and the 2nd electrode. As for the 1st electrode, RMS (square mean square root) of height fluctuation is equipped with the less than 2-micrometer electric conduction sheet. The resonator is carrying out pons delivery of the cavity in the substrate with which the resonator is constituted on it. A resonator makes a cavity in a substrate, and after depositing various layers which constitute a resonator in this, it is constituted by packing the sacrifice ingredient which can be removed from a cavity in a short time. The front face of the choked cavity is polished and RMS fluctuation of height is set to less than 0.5 micrometers. It is the 1st to the polished front face. The thickness which secured RMS fluctuation of the height of a metal layer to less than 2 micrometers is made to deposit an electrode. A piezo-electric layer is made to deposit on the 1st electrode, and, next, the 2nd electrode is made to deposit on a piezo-electric layer. Next, Bahia (hole) is opened in a cavity, an ingredient is removed through Bahia, and a sacrifice ingredient is removed from a cavity. A suitable sacrifice ingredient is phosphorus quartz glass.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Respectively, with reference to drawing 1 and drawing 2 which are the sectional view of

FBAR and SBAR, he can understand this invention still more easily. By drawing 1, FBAR20 was equipped with the upper part electrode 21 and the lower part electrode 23, and these have put some sheets of the piezo-electric (PZ) ingredient 22. Suitable PZ ingredient is aluminum nitride (AlN). Although the electrode used for a resonator 20 is suitably made from molybdenum, the operation gestalt which uses other ingredients can also be constituted.

[0017] The bulk elastic acoustic wave in a thin film PZ ingredient is being used for these equipments. If electric field arise between two electrodes with applied voltage, PZ ingredient will change a part of electrical energy into the mechanical energy of the form of an acoustic wave. An acoustic wave is spread in the same direction as electric field, and is reflected in an electrode / air interface.

[0018] While resonating mechanically, equipment appears like an electrical resonator, therefore equipment can operate as a notch filter. The mechanical resonance of equipment is generated on the frequency to which the thickness of the ingredient which an acoustic wave spreads becomes equal to the half-wave length of the acoustic wave to spread. In the invention in this application, the frequency of an acoustic wave is a frequency of the electrical signal by which a seal of approval is carried out to an electrode. the speed of sound -- the rate of light -- a large number -- a digit -- since it is small, the resonator obtained can be extremely used as a compact. A diameter can constitute the resonator to the application of the GHz range from a physical dimension of several micrometer order of about 100 micrometers and thickness.

[0019] Next, drawing 2 which is the sectional view of SBAR40 is referred to. SBAR gives an electric function similar to a band-pass filter. SBAR(s)40 are two FBAR filters combined mechanically fundamentally. The signal which crosses electrodes 43 and 44 with the resonance frequency of the PZ layer 41 tells sound energy to the PZ layer 42. The mechanical oscillation in the PZ layer 42 is changed into the electrical signal which crosses electrodes 44 and 45 with PZ ingredient.

[0020] With reference to drawing 3 - drawing 7 which is some sectional views of the wafer 101 which constitutes FBAR110 by the approach of this invention, he can understand still more easily the approach by which FBAR and SBAR are constituted according to this invention on it. This invention uses the sacrifice layer which consists of ingredients far etched easily from the thermal oxidation object used by the approach of the conventional technique based on a sacrifice layer. The sacrifice layer is constituted from phosphorus quartz glass (PSG) by the suitable operation gestalt of this invention.

[0021] The hollow 102 is etched into the substrate 101 which is the usual silicon wafer of the type suitably used for integrated-circuit manufacture in drawing 3. The depth of a hollow is less than 30 micrometers suitably. It should note carrying out it, because the depth of the cavity under FBAR is enough for it to be adapted for the variation rate produced by the piezo-electric layer. Therefore, a hollow with a depth of several micrometers is enough.

[0022] The thin layer of the thermal oxidation object 103 is grown up on the surface of a wafer, and it is made for phosphorus not to be spread in a layer from PSG. Such diffusion will change silicon into a conductor and this will block the electrical operation of the last equipment.

[0023] In drawing 4, the PSG layer has deposited on the wafer. PSG is deposited at the temperature to about 450 degrees C using a silane and P2O5, and forms the \*\* glass Mr. matter which is phosphorus about 8%. This low-temperature process is common knowledge, therefore is not explained to this contractor here at a detail. Since PSG can be made to deposit at low temperature comparatively, and is a dilution H2 O:HF solution and is a very clean inactive ingredient etched at a very high etching rate, it is suitable selection to a sacrifice layer. The etching rate of about 3 micrometers is obtained per minute at a dilution rate of 10:1.

[0024] An original PSG sacrifice layer is a pedestal inadequate for the configuration of a sound resonator at a regrettable thing. It is very coarse when the front face of such deposition film is atomically seen on atomic level. The sound resonator of a FBAR/SBAR format needs the piezoelectric material which accomplishes a cylinder with a crystal perpendicular to the flat surface of an electrode, and grows. Although the attempt into which a piezoelectric film parallel enough to the front face of a PSG layer is grown up was performed, since many facets on a split face began crystal growth in the various directions also as for best, only most or the inadequate polycrystal ingredient which is not shown at all produced the piezo-electric effect.

[0025] This invention has conquered this difficulty by polishing the front face of PSG and giving a smooth front face automatically. If drawing 5 is referred to, by polishing the front face of the PSG layer 105 by the slurry at first, it will flatten and become depressed and the part of the PSG layer of the outside of 102 will be removed. Next, PSG which remains can be polished using the slurry refined further. If it is not desirable as an alternate method to add polishing time amount, one slurry refined further can be used for two polishing steps. A target is producing "mirror"-like finishing.

[0026] Cleaning of these wafers is also important. A slurry leaves little silica coarse powder on a wafer. This coarse

powder must be removed. With the suitable operation gestalt of this invention, this is performed using the 2nd polish ring to which a hard pad like the poly tex (Polytex™) (Connecticut and Rodel) was attached. Deionized water is used as lubricant. The wafer is put in into deionized water after polishing until preparation of the last cleaning step is completed. A wafer should not be dried between the last polishing step and the last cleaning step. The last cleaning step consists of soaking a wafer in a series of tanks which are in close [ of various chemicals ]. Ultrasonic churning is added to each tank. Such a cleaning base is common knowledge, therefore is not explained to this contractor here at a detail. It turns out that the cleaning machine of the megasonic (Megasonic™) format which can come to hand from Ameramade in American California is suitable.

[0027] This invention is based on wonderful discovery of giving the substrate to the deposition of the c-axis piezoelectric material of very regular structure the piezo-electric property which was excellent irrespective of the fact of not having the crystal structure from which such a smooth front face serves as a "kind" of a piezo-electric layer is proved [ deposition ].

[0028] Coarse powder consists of silica particles. With the suitable operation gestalt of this invention, #1508 (Rodel, #1508) slurry by Rodel who is the ammonia subject slurry of a silica particle is used.

[0029] Although the upper explanation has shown specific polish and the format of cleaning, the format of any polishes which give the front face of required smoothness, and cleaning can be used. With the suitable operation gestalt of this invention, the last front face is measured with a nuclear microscope probe, and has RMS fluctuation with a height of less than 0.5 micrometers.

[0030] After cleaning a front face, lower part electrode 111 \*\* of FBAR110 is deposited as shown in drawing 6 . A suitable electrode material is molybdenum. However, probably, other ingredients will be clear to this contractor. For example, an electrode can consist of aluminum, W, Au, Pt, or Ti. Molybdenum is suitable because of the low thermoelastic loss. For example, there is [ about 56 times ] little thermoelastic loss of Mo as aluminum.

[0031] The thickness of a lower part electrode is also important. A thick layer is coarser than a film. As described above, it is very important for the engine performance of the last resonator to maintain the smooth front face for deposition of a piezo-electric layer. Therefore, the thickness of a lower part electrode is less than 1000A suitably. Mo is suitably deposited by sputtering. This gives Mo layer which has RMS fluctuation with a height of less than 2 micrometers.

[0032] Since it finishes depositing a lower part electrode, the electrode layer 112 is deposited. The suitable ingredient for piezo-electric layers is AlN, and also deposits this by sputtering. It carries out depositing AlN on forming a piezo-electric layer to not explaining this deposition process to this contractor here at a detail, since it is common knowledge. With the suitable operation gestalt of this invention, the thickness of a piezo-electric layer is among 0.1 to 10 micrometers.

[0033] The upper part electrode 113 is made to deposit finally. An upper part electrode also consists of Mo suitably. However, since the thickness of this electrode does not influence deposition of a piezo-electric layer, it is not so serious.

[0034] After depositing FBAR structure, Bahia is opened in the lower sacrifice layer 105, and as shown in drawing 7 , PSG is removed by etching with a dilution H<sub>2</sub>O:HF solution. Thereby, \*\*\*\* FBAR110 remains on the original hollow 102 cross-linking this morning.

[0035] The upper example uses the configuration of FBAR. However, probably, it will be clear to this contractor from the upper explanation that SBAR can be constituted using the same process. In SBAR, an another piezo-electric layer and an another electrode must be deposited. Since the 2nd piezo-electric layer is constituted on the upper part electrode of "FBAR", it must give a suitable front face to also maintain the thickness of an upper part electrode to 1000A, and deposit the 2nd piezo-electric layer.

[0036] Other ingredients can be used for it although the above-mentioned operation gestalt of this invention uses the sacrifice layer which consisted of PSGs. For example, the glass of other gestalten like BPSG (Boron-Phosphor-Silicate-Glass: boron, phosphorus, silicon, glass) or spin glass can be used. There is plastics like the poly vinyl which can otherwise be deposited on the substrate placed by spinning on an ingredient or into the special chamber, polypropylene, and polystyrene. These sacrifice layers can be removed by organic removal material or O<sub>2</sub> plasma etching. Since the front face of these deposited ingredients is not atomically smooth like [ in the case of a PSG sacrifice layer ], polish with these ingredients is also very important.

[0037] As mentioned above, although the example of this invention was explained in full detail, the example of each embodiment of this invention is shown hereafter.

[0038] (Embodiment 1)

(a) the 1st electrode (23 45,111) equipped with the electric conduction sheet whose RMS fluctuation of height is less than 2 micrometers, the 2nd electrode (21 44,113) equipped with (b) electric conduction sheet, and (c) -- the sound

resonator (20 40,110) characterized by having the layer (22 42,112) of the piezoelectric material put between said 1st and 2nd electrodes.

[0039] (Embodiment 2) Said 1st electrode (23 45,111) is a sound resonator (20 40,110) given in the embodiment 1 characterized by including molybdenum.

[0040] (Embodiment 3) The layer (22 42,112) of said piezoelectric material is a sound resonator (20 40,110) given in the embodiment 1 characterized by including AlN.

[0041] (Embodiment 4) A sound resonator given in the embodiment 1 characterized by having equipped the front face with the substrate (101) which has a cavity (102) further, and said 1st electrode (23 45,111) having constructed the pons over said cavity (102) (20 40,110).

[0042] (Embodiment 5) The depth of said cavity (102) is a sound resonator (20 40,110) given in the embodiment 4 characterized by being less than 30 micrometers.

[0043] (Embodiment 6) Said front face of said substrate (101) is a sound resonator (20 40,110) given in the embodiment 4 characterized by having the electric insulation layer (103).

[0044] It is the approach of manufacturing a sound resonator (20 40,110) on the substrate (101) which has a top face.

(Embodiment 7) (a) They are the step which makes a hollow (102) on said top face, and the step which puts a sacrifice ingredient (105) in the (b) aforementioned hollow (102). Said packed top face which becomes depressed (102) The step to which it is set to said top face and this level of said substrate (101), and is made for said top face to have RMS fluctuation with a height of less than 0.5 micrometers, (c) The step which makes the 1st electrode (23 45,111) deposit on said top face, (d) The step which makes the layer (22 42,112) of piezoelectric material deposit on said 1st electrode (23 45,111), (e) -- the step which makes the 2nd electrode (21 44,113) deposit on the layer (22 42,112) of said piezoelectric material, and (f) -- the approach characterized by having said step removed from becoming depressed (102) for said sacrifice ingredient (105).

[0045] (Embodiment 8) Said sacrifice ingredient (105) is an approach given in the embodiment 7 characterized by including PSG, BPSG, spin glass, poly vinyl, polypropylene, and the ingredient chosen from the group containing polystyrene.

[0046] (Embodiment 9) said said step packed for becoming depressed (102) -- (a) -- the step on which becoming depressed (102) makes the layer of said sacrifice ingredient (105) deposit, and (b) -- the step which makes a flat surface said deposited layer, and (c) -- an approach given in the embodiment 7 characterized by including the step which polishes said flattened layer.

[0047] (Embodiment 10) An approach given in the embodiment 9 characterized by including the step to which are the front face and the step prepared for becoming depressed (102) of said substrate (101), and it is made for the element in said sacrifice ingredient (105) not to diffuse [ said electrical insulation material ] the layer of an electrical insulation material (103) in said substrate (101) before depositing the layer of said sacrifice ingredient (105).

[0048] (Embodiment 11) Said 1st electrode (23 45,111) is an approach given in the embodiment 7 characterized by including molybdenum.

[0049] (Embodiment 12) The layer (22 42,112) of said piezoelectric material is an approach given in the embodiment 7 characterized by including AlN.

[0050] (Embodiment 13) Said depth which becomes depressed (102) is an approach given in the embodiment 7 characterized by being less than 30 micrometers.

[0051] Various draft amendments to this invention will become clear [ from old explanation and an attached chart ] to this contractor. Therefore, it shall limit only by the claim which wrote this invention in addition.

---

[Translation done.]

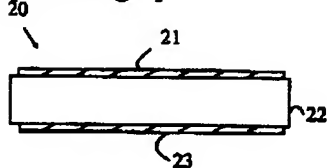
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

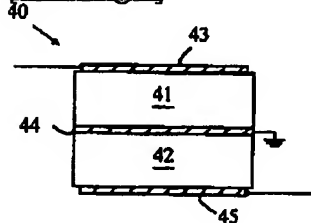
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

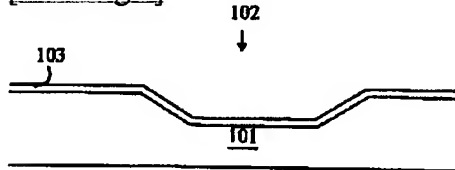
[Drawing 1]



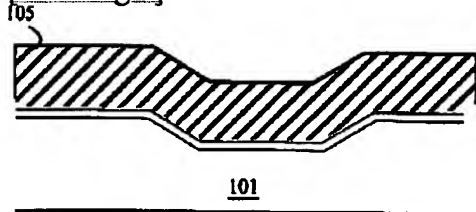
[Drawing 2]



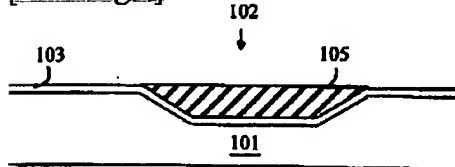
[Drawing 3]



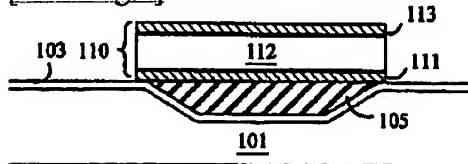
[Drawing 4]



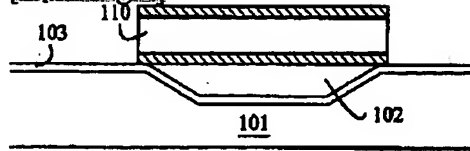
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



---

[Translation done.]